

## Cómo mejorar la efectividad en un jugador de tenis: Modelos de regresión log-lineales

## How to improve the effectiveness in a tennis player: log-linear regression models

## Como melhorar a eficiência de um jogador de Tênis: Modelos de regressão Log-Lineares

José Luis Losada<sup>1\*</sup>, Claudio A. Casal<sup>2</sup> y Antonio Ardá<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Barcelona, <sup>2</sup>Universidad Católica de Valencia, <sup>3</sup>Universidad de A Coruña

**Resumen:** La efectividad en el deporte hace referencia al impacto alcanzado por una acción llevada a cabo en condiciones habituales, estando presente en la ejecución de cualquier actividad física, referida a la capacidad para producir el efecto deseado, y está relacionada con la eficacia, entendida como el efecto de una acción llevada a cabo en las mejores condiciones posibles, y que tiene como objetivo, lograr la meta, o conseguir el triunfo. El objetivo de este trabajo consistió en identificar la relación entre la zona y el tipo de golpe, desde la cual el tenista presenta mayor y menor efectividad en el juego. Para ello se observó a un tenista durante 12 entrenamientos con un rival de nivel equivalente, según la ATP, durante la temporada 2012-2013, registrando su situación en la cancha y el tipo de golpe de todas las devoluciones con éxito, entendido como obtención del punto o recuperación del saque. Se crearon tres criterios categóricos que constituyen un instrumento de observación para registrar el juego del tenista en la zona horizontal, y la zona vertical de la pista, además del tipo de golpe que realiza en términos de *drive*, *revés*, *smash* y dejada. Utilizando la técnica de regresión log-lineal, se obtuvieron resultados que indican que el jugador presenta una menor efectividad en los golpes realizados desde el lado izquierdo, y muestra una mayor efectividad en el *drive* y *revés* ejecutados desde media pista o fondo del lado derecho. La interpretación de los resultados aporta información sobre las localizaciones en la pista y los golpes, relacionados con su mayor y menor efectividad.

**Key words:** Log-lineal, metodología observacional, tenis,

**Abstract:** The effectiveness in the sport refers to the impact achieved by an action carried out in normal conditions, being present in the execution of any physical activity, refers to the ability to produce the desired effect, and is related to efficiency, understood as the effect of an action carried out in the best conditions possible, and which aims achieve the goal, and got the win. The objective of this work consists in identifying the relationship between the area and the type of shot, which tennis player has greater and lesser effectiveness in the game. This was observed to a tennis player during 12 workouts with a rival of equivalent level, according to the ATP, during the 2012-2013 season, registering their situation in the field and the type of shot of all returns successfully, understood as obtaining the point or recovery of the drawdown. Three categorical criteria

which constitute an instrument of observation to the game of tennis in the horizontal area, and the vertical area of the track, as well as the type of shot that performs in terms of *drive*, *reverse*, *smash* and left register were created. Using log-linear regression technique they were obtained results indicate that the player presents a lower effectiveness in hits from the left side, and sample a more effectively executed from half track or background on the right side the drive and reverse. The interpretation of the results provides information on the locations on the track and hits, related to its greater and lesser effectiveness.

**Key words:** Log-linear, observational methodology, tennis.

**Resumo:** A eficiência no desporto faz referência ao impacto alcançado por uma ação realizada em condições habituais, estando presente na realização de qualquer actividade física, com base na capacidade para produzir o efeito desejado, e está relacionada com a eficácia, ou seja, o efeito de uma acção levada a cabo nas melhores condições possíveis, e que tem como fim, alcançar o objetivo ou obter a vitória. O objetivo deste estudo foi identificar a relação entre a zona do campo e o tipo de batimento, com o qual o tenista obtém maior e menor eficiência no jogo. Para isso observou-se um tenista durante 12 treinos com um adversário de nível semelhante, de acordo com o ATP durante a temporada 2012-2013, registando a sua posição no campo e tipo de batimentos referentes a todas as devoluções efectuadas com sucesso, definido como a obtenção de ponto ou recuperação do serviço. Foram criados três critérios de categorias que constituem um instrumento de observação para registar o jogo do tenista na zona horizontal e na zona vertical do campo, para além do tipo de batimento que este realiza em termos de direita, esquerda, remate e o "amortie". Utilizando a técnica de regressão log-linear, obtiveram-se resultados que indicam que o jogador apresenta menor eficiência nos batimentos realizados do lado esquerdo, e mostra maior eficiência no batimento de direita e do lado contrário ao que segura a raquete, executados a partir do meio do campo ou do fundo do campo do lado direito. A interpretação dos resultados fornece informação sobre as localizações no campo e os batimentos, relacionados com a sua maior e menor eficiência.

**Palavras-chave:** Log-linear, metodologia observacional, ténis.

Dirección para correspondencia [Correspondence address]: José Luis Losada López. Universidad de Barcelona. Depto. Metodología de las Ciencias del Comportamiento. Barcelona (España). E-mail: [jlosada@ub.edu](mailto:jlosada@ub.edu)

## Introducción

El tenis de alto nivel se caracteriza por una gran igualdad entre los diferentes jugadores que necesitan de un alto grado de condición física, técnica, táctica y psicológica (Kovacs, 2007). A lo largo de un partido de *Grand Slam* se pueden ejecutar entre 806 y 1445 golpes (Weber, 2003) en los que se requiere una gran efectividad técnico-táctica ya que en los deportes de precisión se requiere un grado máximo de perfección técnica (Weinek, 2005) y el más mínimo error puede provocar que un encuentro se desequilibre hacia uno u otro lado. Concretamente en el tenis, la efectividad técnica de golpeo se ha identificado como un factor clave para pronosticar el rendimiento de los jugadores (Baiget, Iglesias, & Rodríguez, 2008; Birrer, Levine, Gallipi, & Tischler, 1986; Smekal et al., 2001; Vergauwen, Madou, & Behets, 2004), y en la literatura se pueden encontrar algunos estudios que han analizado la efectividad del golpeo, pero en su mayoría lo han realizado en relación con la condición física del jugador (Baiget et al., 2008; Caballero, de Teresa, Vargas, & Caballero, 2005; Moya, Bonete, & Santos-Rosa, 2010; Smekal et al., 2001; Van Dam & Pruimboom, 1992; Vergauwen et al., 2004), por lo que es preciso encontrar nuevas técnicas y métodos de análisis de la dinámica del juego que permitan determinar o identificar los factores técnico-tácticos que pueden influir en el rendimiento, ya que en los últimos años los mejores jugadores han aumentado sus prestaciones gracias, entre otras cosas, al análisis de sus oponentes (Lewandowski & Swist, 2013) y a la aplicación táctica de los resultados obtenidos con los análisis de los encuentros.

La búsqueda de nuevos instrumentos y técnicas de análisis notacionales es una importante tarea para mejorar el rendimiento de los tenistas ya que este análisis nos puede servir para detectar los puntos débiles y fuertes de un jugador y su oponente y utilizar esta información para aplicarla en los entrenamientos, con el objetivo de evitar la aparición de los errores propios y provocar los del adversario y con ello aumentar el rendimiento.

Esta técnica de análisis se ha utilizado en este deporte para estudiar las características de los esfuerzos de los jugadores durante la competición (Hughes & Moore, 1998; O'Donoghue & Ingram, 2000), para evaluar los diferentes elementos tácticos del juego tales como la eficacia de los servicios (Furlong, 1995), para analizar la existencia o no de diferentes patrones de juego en función de la superficie de juego (Hughes & Clarke, 1995; O'Donoghue & Ingram, 2000; O'Donoghue & Liddle, 1998) y también para determinar la capacidad técnica (Taylor & Hughes, 1998).

El análisis notacional permitirá elaborar bases de datos con una cantidad de información infinita y el posterior trabajo de los investigadores consistirá en diseñar o seleccionar las técnicas estadísticas más adecuadas para elaborar modelos

explicativos o predictivos del rendimiento, tales como la regresión logística o los modelos de regresión log-lineales. Esta información podrá ser utilizada por los jugadores y entrenadores tanto en la competición como en los entrenamientos para mejorar el rendimiento.

Para el análisis de estas bases de datos de forma consistente, se utilizan técnicas multivariantes avanzadas. Una de estas técnicas es la regresión log-lineal, que proporciona una manera sofisticada de analizar las tablas de contingencia y determinar las relaciones entre los criterios.

La regresión o análisis log-lineal, es un método estadístico cuyo objetivo consiste en estudiar la clasificación de los criterios categóricos, determinando la contribución de los diferentes indicadores seleccionados, para la construcción de una tabla de contingencia y estudiar las relaciones entre los criterios categóricos, para encontrar el modelo más adecuado que defina su relación. A este respecto, se debe destacar contribuciones muy significativas de autores como Birch (1963) quien mostró que las ecuaciones de verosimilitud para modelos log-lineales relacionan las estadísticas mínimas suficientes con sus valores esperados. Googman (1970) presentó el análisis multivariante de datos cualitativos para tablas de contingencia de  $m$  entradas. Ku, y Kullback (1974) mostraron una aplicación de la información mínima discriminante para datos categóricos en tablas de 3 y 4 entradas usando modelos log-lineales. Bishop (1975) presentó la estimación máximo verosímil para tablas completas, aplicándola en tablas de contingencia  $2 \times 2$  y  $2 \times 3$ , luego generalizó la metodología para el caso multidimensional e interpretó los modelos log-lineales que se derivan de ellas, describiendo el estadístico de verosimilitud  $G^2$  el cual ayuda a determinar el modelo que se ajusta mejor a los datos categóricos. Fienberg (1976) presentó las formas de análisis multivariante para clasificación cruzada de datos categóricos haciendo referencia a que datos provenientes de una población que se distribuye como una Poisson o multinomial, dan las mismas estimaciones máximo verosímiles de los parámetros del modelo log-lineal planteado para dichos datos.

Agresti (1990) recopiló trabajos realizados con modelos log-lineales utilizando una nueva notación, mostrando su aplicación a datos nominales y ordinales.

Por lo tanto, un modelo log-lineal es un modelo lineal generalizado que está estrechamente relacionado con los modelos de regresión logística y de Poisson, y se obtiene al aplicar el logaritmo natural a las frecuencias esperadas de una tabla de contingencia, descomponiendo este logaritmo en partes atribuibles a los efectos de los criterios, en donde se puede establecer independencia, ya sea conjunta, marginal o condicional (Agresti, 1990).

Se utilizan habitualmente, con el objetivo de analizar los

patrones de asociación entre los criterios que forman una tabla de contingencia multidimensional y que pueden describirse en términos de las *odds* y *odds ratio*, ofreciendo una estimación de la magnitud de asociación entre la exposición y el efecto observado, indicando cuanto más favorable a desarrollar el efecto, es el grupo de sujetos expuestos al factor de exposición en relación con el grupo no expuesto.

Con respecto a los modelos log-lineales ha de tenerse en cuenta: la distinción entre los modelos log-lineales saturados y no saturados. El modelo saturado no requiere la imposición de restricciones a las relaciones entre los criterios, mientras que el modelo no saturado implica restricciones, y se define como los diferentes sub-modelos (ecuaciones de menor orden que el modelo saturado) provenientes del modelo log-lineal saturado, que cumplan las condiciones siguientes: si un parámetro es nulo, también los serán aquellos términos de orden inferior, y que exista completa independencia entre los criterios seleccionados. Si estas condiciones se cumplen, se genera un modelo log-lineal más sencillo, más parsimonioso y con un grado aceptable de precisión (Agresti, 1990).

Finalmente, para la interpretación de estos modelos log-lineales, la modelización log-lineal gráfica utiliza grafos para representar modelos. Tienen ventajas importantes respecto a la interpretación y simplificación de modelos que describen el comportamiento de datos categóricos. Estos modelos gráficos abarcan el conjunto de todos los posibles modelos de interacción, siendo estimables e interpretables en un modelo sencillo, reduciendo notablemente la complejidad en el proceso de selección del mejor modelo.

El objetivo de este trabajo ha sido conocer el modelo que mejor explica el juego más efectivo de un tenista profesional, en función de tres criterios que describen la posición en la pista y el tipo de golpe que realiza en esa posición, identificando las relaciones que poseen una mayor y menor efectividad.

## Método

### Participantes

Se han observado 12 entrenamientos de un tenista profesional, con lateralidad diestra registrando un total de 1135 golpes con éxito, en diferentes posiciones de la cancha, entendido el éxito como la obtención del punto o recuperación del saque.

### Instrumentos

#### Instrumento de observación

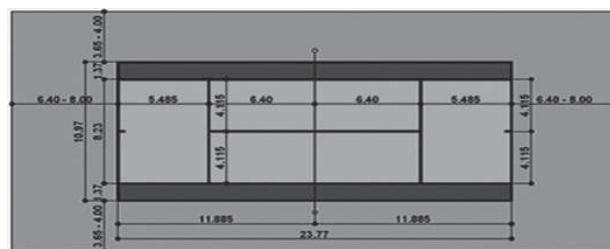
Se ha elaborado un instrumento de observación compuesto por los siguientes criterios y sistemas de categorías:

Zona horizontal del campo, diferenciada en lateralidad izquierda y derecha, dividida objetivamente por las distancias reglamentarias de 4,115 m. (Fig.1)

Zona vertical del campo, dividida en tres distancias: red, situada en el centro de la pista, equidistante de las dos mitades del campo y situada a 11.885 m. del fondo de pista, sin superficie, y que está compuesta sólo por la misma línea de la red. Media pista sobre la zona de 6.40 m., y finalmente fondo que abarcaría la zona de los últimos 5.485 m. (Fig.1).

El criterio “tipo de golpe” está formado por las categorías: *Drive*, revés, *smash* y dejada.

Figura 1. Medidas de la cancha.



#### Instrumento de registro

La grabación videografía se ha realizado mediante el correspondiente video digital obtenido con 2 cámaras de alta velocidad, Casio F1, a 300Hz, situadas en esquinas opuestas de la cancha. Para completar el registro y codificación de datos se ha empleado el programa Kinovea v15, que permite conocer la posición espacial del tenista en la cancha, con una exactitud del 95%.

#### Instrumento de análisis

Para realizar el análisis de datos se ha utilizado el programa R v 3.1.1, con la librería MASS y VCD.

#### Procedimiento

El diseño observacional, es secuencial – idiográfico – multidimensional (Anguera, Blanco, Hernández-Mendo, y Losada (2011)). La observación ha sido de tipo secuencial al tratarse de un periodo observacional de 12 sesiones. Durante una sesión de entrenamiento, el registro era por muestreo intraseccional irregular (*ad hoc*) (Fig.2). Los momentos del registro venían determinados por la última posición en la pista y el último golpe, con el que se consiguió éxito.

Figura 2. Dimensión temporal del registro.

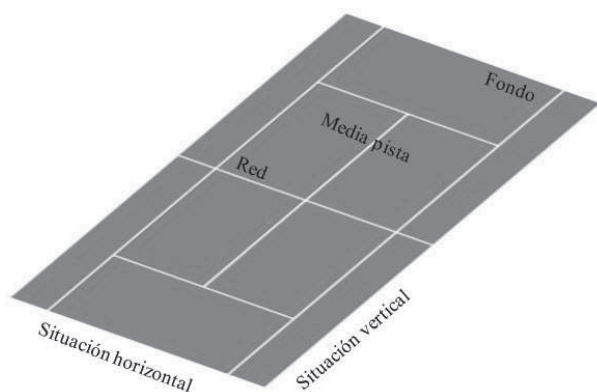


El criterio de participación aplicado ha sido la observación participante, dado que el tenista sabía que se estaba grabando sus entrenamientos. Para realizar los registros se prepararon dos observadores siguiendo los procedimientos recogidos en Losada y Manolov (2014).

El registro se centró en la última posición en la cancha y el último golpe, antes de conseguir éxito. Una vez registradas y codificadas las acciones del juego, se procedió al estudio de la fiabilidad entre los registros de los dos observadores. El estudio se realizó calculando el coeficiente de concordancia Kappa (Cohen, 1960), obteniendo un valor  $K = 0.91$ . Este valor posee una fuerza de concordancia excelente en cualquiera de las escalas de valoración, como Fleiss, Cohen, y Everitt (1969); Landis y Koch (1977). El valor alto es debido a la acotación casi perfecta en términos espaciales topológicos y estructurales de las categorías de posición horizontal, vertical y golpe.

El análisis se ha iniciado con el planteamiento del modelo saturado en términos de regresión log-lineal desarrollando los distintos procesos que intervienen en el ajuste del modelo (McCullagh y Nelder, 1989), y se determina cuál es el mejor modelo que se ajusta a los datos observados (Fig.3). Se procedió a la estimación de los parámetros para su posterior interpretación y a una modelación gráfica, con la técnica "mosaic" (Friendly, 1994).

Figura 3. Criterios situacionales.



## Resultados

El análisis se ha realizado, teniendo en cuenta el coeficiente Kappa, que con un valor de 0,91 da las garantías suficientes para que los resultados tengan una potencia más que aceptable.

Se ha utilizado el modelo [HVG] (ecuación 1), que es el modelo general para tres criterios, y se define como Modelo Saturado (o Completo) por incluir todas los criterios (efectos) individuales y todas las posibles interacciones (efectos de 2º, 3º orden) entre los criterios seleccionados.

$$\ln F_{ijk} = \mu + \lambda_i^H + \lambda_j^V + \lambda_k^G + \lambda_{ij}^{HV} + \lambda_{jk}^{VG} + \lambda_{ik}^{HG} + \lambda_{ijk}^{HVG} \quad (1)$$

Tabla 1. Análisis de máxima verosimilitud.

Efecto	DF	$\chi^2$	Pr > ChiSq
horizontal	1	9.05	0.0260
vertical	2	4.07	0.1308
horizontal*vertical	2	0.63	0.7291
golpes	3	243.97	<.0001
horizontal*golpes	3	183.79	<.0001
vertical*golpes	6	73.23	<.0001
horizontal*vertical*golpes	6	35.50	<.0001
Razón de max. verosimilitud	0	.	.

El estadístico razón de máxima verosimilitud muestra la bondad de ajuste del modelo, y se calcula comparando el modelo saturado con el modelo especificado. En este caso, la diferencia es 0, dado que se trata del mismo modelo, por lo tanto, el modelo se ajusta perfectamente (modelo saturado). El análisis de máxima verosimilitud muestra que el modelo de tercer orden que contempla la interacción de las tres criterios es significativo con un  $\chi^2 = 35.50$  ( $p < .0001$ ) lo que indica que debe estar presente en el modelo. Esto incluye a todos los modelos jerárquicos que se derivan de él (Tabla 1).

En el análisis de las estimaciones de máxima verosimilitud (Tabla 2), cada uno de los términos o coeficientes representa un incremento o decremento en el valor del logaritmo de las frecuencias esperadas. Así, en el caso de la criterio horizontal, la categoría derecha, es igual a 0.1872, y se puede afirmar que el factor jugar por el lado derecho incrementa el logaritmo de frecuencias en 0.1872 cuando el resto de factores permanece constante (Tabla 2).

Tabla 2. Resumen del análisis de las estimaciones de máxima verosimilitud.

Efecto	$\beta$	E.E.	z-valor	$\exp(\beta)$	Wald	df	prob
<b>Horizontal</b>							
Derecha	0.1872			1.2059	9.04	1	0.026
<b>Golpe</b>							
<i>Drive</i>	1.1444	0.0782	14.641	3.1405			
<i>Smash</i>	-0.9783	0.1268	-7.717	0.3760	243.97	3	0.0001
<b>Horizontal-Golpe</b>							
Derecha- <i>Drive</i>	0.8808			2.4128			
Izquierda- <i>Drive</i>	-0.8808	0.0782	-11.270	0.4145	183.79	3	0.0001
<b>Vertical-Golpe</b>							
Red-Dejada	0.7769			2.1746			
Fondo-Dejada	-1.0139			0.3628	73.23	6	0.0001
<b>Horizontal-Vertical-Golpe</b>							
Derecha-Fondo-Revés	0.5102			1.6657			
Izquierda-Fondo-Revés	-0.5102			0.6003	35.50	6	0.0001

Los efectos de primer orden muestran que la zona horizontal más favorable para obtener éxito es la derecha, mientras que en la zona vertical no existen diferencias significativas entre ellas. En este caso, el golpe más efectivo es el *drive*, con una *odds ratio* igual a 3.1405, mostrando una baja efectividad el *smash* con *odds ratio* 0.3760 (Tabla 2).

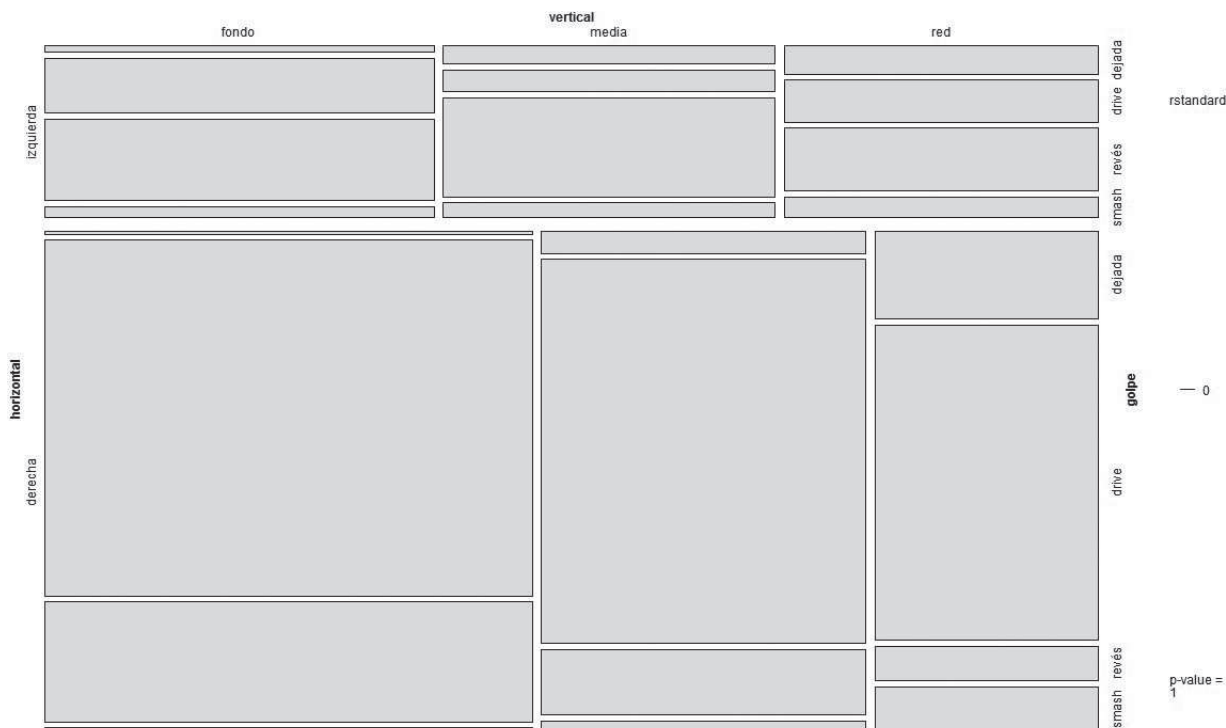
Los efectos de segundo orden se muestran únicamente significativos, los que incluyen el criterio golpe. En el caso de la combinación de situación horizontal – golpe, la relación “derecha-*drive*” aumenta 2.4128 (*odds ratio*) veces la efectividad para conseguir una jugada con éxito, mientras en el lado contrario con el mismo golpe disminuye un 0.4145. En la combinación situación vertical – golpe la relación “red-dejada” aumenta las posibilidades de éxito en 2.174, y “fondo-dejada” disminuye a un 0.3628 (Tabla 2).

El modelo saturado muestra una situación muy favorable cuando el tenista se ubica en el lado derecho de la pista, en el fondo y ejecuta un revés, aumentando 1.6657 veces la posibilidad de conseguir éxito en la jugada. Sin embargo, si se mantiene el tipo de golpe (revés), la posición en el fondo de la cancha, pero en el lado izquierdo de la misma, las posibilidades de éxito se reducen a un 0.6003 (Tabla 2).

Otra forma de interpretar los modelos log-lineales es, a través de una representación gráfica *mosaic* (Friendly, 1994) de los residuales del modelo (Fig.4). Se observa que la mayor efectividad se desarrolla en la parte derecha de la cancha, y en las posiciones de “fondo” y “media pista”. En este perfil, el *drive* y el revés son los golpes con más éxito en el juego.

En la situación vertical “fondo”, el *drive* y el revés son los principales golpes, siendo el *smash* y la dejada, golpes con una baja contribución al éxito. En la situación vertical “media pista”, sucede lo mismo respecto a los golpes *drive* y revés, pero en este caso la contribución del *smash* y la dejada se ve incrementada. En la situación vertical “red” existen unas variaciones en cuanto al uso efectivo en el juego, el *drive* sigue siendo el más importante, pero el revés reduce su presencia en aras de un ligero incremento del *smash* y sobre todo de la dejada.

En la situación horizontal izquierda, se observa una disminución del juego efectivo. No obstante, se debe señalar que el uso de los golpes es diferente a los realizados en la zona horizontal derecha. En “fondo”, “media pista” y “red” el golpe más efectivo es el revés, seguido del *driver*. En la “red”, aumenta la efectividad en los golpes de *smash* y dejada.

Figura 4. *Mosaic* del modelo saturado, basado en los residuales estandarizados.

## Discusión

Este trabajo se centra en la efectividad en el juego de un tenista profesional. Para estudiarla se han registrado sólo las jugadas con éxito, es decir, aquellas que han obtenido punto, o han recuperado el saque. Por lo tanto, esta información permite conocer las zonas y los golpes más eficientes con los que cuenta el tenista. Concretamente, la zona horizontal más facilitadora para conseguir un juego efectivo es la derecha de la cancha. Un factor a tener en cuenta es que el tenista es diestro y esto influye en el estilo de juego, ya que algunos trabajos apoyan la hipótesis de que los zurdos poseen ciertas ventajas de naturaleza neuroanatómica para las habilidades que combinan capacidades visuales y motoras (Domínguez, 2010). Los resultados nos aportan evidencias que nos hacen entender que el jugador analizado se mueve eficientemente en cualquier zona vertical, con preferencia en las zonas del fondo y media pista, con una efectividad en los golpes, *drive* y *revés*, seleccionando adecuadamente la distancia en la cancha para conseguir éxito. Por lo tanto, se deberían entrenar situaciones de *smash* y dejadas en este lado de la cancha para aumentar la efectividad en el juego.

Se ha observado que en la situación horizontal izquierda, se producen un gran número de faltas, causando la baja efectividad que recogen los datos. En las situaciones verticales de fondo y media pista destaca el uso del golpe *revés*, debiendo mejorar el resto de golpes para aumentar la efectividad del

lado derecho.

En resumen, en el juego del tenista se ha detectado un desequilibrio de juego respecto a la situación horizontal, provocando una bajada en su efectividad, por el lado izquierdo. Se debería trabajar más las jugadas con golpes "*drive*", "*smash*" y "*dejada*" en la situación horizontal izquierda, combinada con la situación vertical, con una especial atención en el "fondo" de la cancha.

Resulta complicado realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos en el presente estudio ya que los trabajos existentes sobre el análisis de la efectividad en el tenis se han centrado mayoritariamente en determinar la eficacia de los tipos de golpes en función de la eficiencia de los mismos, o en relación con la fatiga fisiológica, y parámetros fisiológicos del jugador y no se han hallado trabajos que realicen un análisis relacionando el tipo de golpe y la zona del campo desde la que se han ejecutado.

Sería interesante, comprobar si el modelo saturado planteado es útil en diferentes contextos como por ejemplo, con tenistas de diferentes características sociales, personales, de diferente género, raza, en escuelas de formación, en diferentes tipos de cancha, etc. Y también teniendo en consideración las características técnico-tácticas del jugador (ofensivo, defensivo, contragolpeador, diestro, zurdo,...) y las del adversario.



## Aplicaciones prácticas

La aplicación más directa, está dirigida al entrenador, quien deberá articular una serie de procedimientos que corrijan la baja efectividad del tenista en las zonas y golpes que se han detectado. Se deberá realizar un trabajo doble, por un lado, aquellas combinaciones de zonas y golpes que han demostrado ser muy efectivas para el éxito, deberían afianzarse y entrenarse en diferentes condiciones para mantener su estabilidad. Por otro lado, aquellas zonas y golpes con poca efectividad, deberán ser trabajados de una forma más intensa, para con-

seguir aumentarla y con ello elevar el éxito del jugador en ese tipo de situaciones.

Este trabajo forma parte de la investigación *Observación de la interacción en deporte y actividad física: Avances técnicos y metodológicos en registros automatizados cualitativos-cuantitativos*, que ha sido subvencionado por la Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación del Ministerio de Economía y Competitividad [DEP2012-32124], durante el trienio 2012-2015.

## Referencias

- Agresti, A. (1990). *Categorical Data Analysis*. FL: John Wiley & Sons, Inc.
- Anguera, M.T., Blanco-Villaseñor, A., Hernández-Mendo, A. y Losada, J.L. (2011). Diseños observacionales: ajuste y aplicación en psicología del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 11 (2), 63-76.
- Baiget, E., Iglesias, X. y Rodríguez, F. (2008). Prueba de campo específica de valoración de la resistencia en tenis: respuesta cardíaca y efectividad técnica en jugadores de competición. *Apunts. Educación Física y Deporte*, 3 (93), 19-28.
- Birch, M.W. (1963). Maximum likelihood in three-way contingency tables. *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol 25, 220-233.
- Birrer, R.B., Levine, R., Gallip, L. y Tischler, H. (1986). The correlation of performance criteria in preadolescent tennis players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 26 (2), 137-139.
- Bishop, Y.M., Fienberg, S.E. y Holland, P.W. (1975). *Discrete Multivariate Analysis: Theory and Practice*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Caballero, P., de Teresa, C., Vargas, M. C. y Caballero, J. (2005). Propuesta sobre un test de resistencia específico en tenis. *Revista Científica en Medicina del Deporte*, 3, 3-9.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and psychological measurement*, 20, 37-46.
- Domínguez, G. La lateralidad en el tenis y sus consecuencias como deporte asimétrico. Obtenido de <http://www.efdeportes.com/> Revista Digital - Buenos Aires - Año 15 - N° 143 - Abril de 2010
- Fleiss J.L., Cohen J. y Everitt B.S. (1969) Large sample standard errors of kappa and weighted kappa. *Psychol Bull*, 72, 323-327.
- Fienberg, S.E. (1976). *The analysis of cross-classified - Classified Categorical Data*. Cambridge MA: MIT Press.
- Friendly, M. (1994). Mosaic Displays for Multi-Way Contingency Tables. *Journal of the American Statistical Association*, 89, 190-200.
- Furlong, J.D.G. (1995). The service in lawn tennis: how important is it? En *Science and Racket Sport* (edited by T. Reilly, M. Hughes and A. Lees., pp. 266-271). London: E. y F.N.Spon.
- Goodman, L.A. (1970). The Multivariate Analysis of Qualitative Data: Interactions Among Multiple Classifications. *Journal of the American Statistical Association*. Vol 65, 226-256.
- Hughes, M.D. y Clarke, S. (1995). Surface effect on elite tennis strategy. En *Science and Racket Sport* (edited by T. Reilly, M. Hughes and A. Lees., pp. 272-278). London: E. y F.N. Spon.
- Hughes, M.D. y Moore, P. (1998). Movement analysis of elite level male serve and volley tennis players. En *Science and Racket Sport II* (edited by A. Lees, I. Maynard, M. Hughes and T. Reilly., pp. 254-259). London: E. y F.N.Spon.
- Ku, H.H. y Kullback, S. (1974). Loglinear Models in Contingency Tables Analysis. *The American Statistician*. Vol 28, 115-122.
- Landis J. y Koch G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-74.
- Losada, J.L. y Manolov, R. (2014). The process of basic training, applied training, maintaining the performance of an observer. *Quality & Quantity*. (doi: 10.1007/s11135-014-9989-7). ISSN: 0033-5177
- Kinovea. Open Source Project. GPL
- Kovacs, M.S. (2007). Tennis physiology: training the competitive athlete. *Sports Medicine*, 37 (3), 189-198.
- Lewandowski, M. y Swist, T. (2013). Skuteczność Działania Podczas Rozgrywania Statych Fragmentów Gry Na Przykładzie Zawodników Najwyższego Poziomu Sportowego W Tenisie. *ROZPRAWY NAUKOWE Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 42, 71-79.
- McCullagh, P. y Nelder, J.A. (1989). *Generalized linear models*. London: Chapman & Hall
- Moya, M., Bonete, E. y Santos-Rosa, F. J. (2010). Efectos de un periodo de sobrecarga de entrenamiento de dos semanas sobre la precisión en el golpeo en tenistas jóvenes. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 24, 77-93.
- David Meyer, Achim Zeileis, y Kurt Hornik (2013). *vcd: Visualizing Categorical Data*. R package version 1.3-1.
- O'Donoghue, P. y Ingram, B. (2000). Notational analysis of the cause of elite tennis players approaching the net in men's and ladies' singles at grand slam tournaments. En *Notational Analysis of Sport IV* (edited by M. Hughes and F. Tavares., pp. 249-256). Porto: FCDEF.
- O'Donoghue, P. y Liddle, D. (1998). A match analysis of elite tennis strategy for ladies' singles on clay and grass surfaces. En *Science and Racket Sport II* (edited by A. Lees, M. Hughes, T. Reilly and I. Maynard, pp. 247-253). London: E. y F.N.Spon.
- Smekal, G., von Duvillard, S. P., Rihacek, C., Pokan, R., Hofmann, P. y Baron, R. (2001). A physiological profile of tennis match play. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 33 (6), 999-1005.
- Taylor, M. y Hughes, M. (1998). A comparison of play of the top under 18 junior tennis players in the world and Britain. En *Science and Racket Sport II* (edited by A. Lees, I. Maynard, M. Hughes and T. Reilly, pp. 260-264). London: E. y F.N.Spon.
- Van Dam, B. y Pruimboom, L. (1992). Un nuevo test en tenis. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 6, 29-33.
- Vergauwen, L., Madou, B. y Behets, D. (2004). Authentic evaluation of forehand groundstrokes in young low- to intermediate-level tennis players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36 (12), 2099-106.
- Venables, W. N. y Ripley, B. D. (2002) *Modern Applied Statistics with S*, Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0
- Weber, K. (2003). Demand profile and training of running - speed in elite tennis. En *Applied sport science for high performance tennis* (edited by M. Crespo, M. Reid, and D. Miley, pp. 41-48). Spain: International Tennis Federation.
- Weinek, J. (2005). *Entrenamiento Total*. Barcelona: Paidotribo.

